



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07250496 A**(43) Date of publication of application: **26.09.95**

(51) Int. Cl

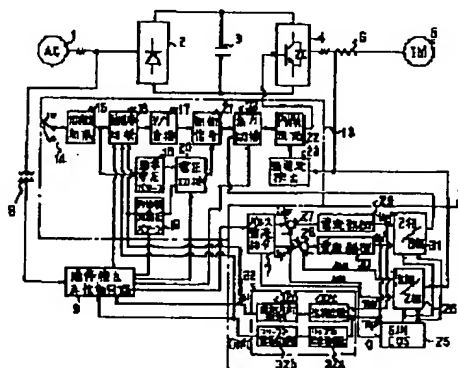
**H02P 7/63**(21) Application number: **08038700**(22) Date of filing: **09.03.94**(71) Applicant: **MITSUBISHI ELECTRIC CORP**(72) Inventor: **IMANAKA AKIRA  
NAGANO TETSUAKI**(54) **INDUCTION MOTOR CONTROLLER**

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(57) Abstract

**PURPOSE:** To eliminate the need for a transformer for detecting induction voltage and to prevent the rotating speed when detecting free-run state from being reduced by controlling the output current of an inverter based on a current command signal which decreases to a preset value after a certain amount of time since an induction motor turns into a free-run state and a deviation signal.

**CONSTITUTION:** When a current command signal is output from a pulse current command means 7 so that it decreases to a preset value after a certain amount of time when an induction motor 5 becomes a free-run state, the output current of an inverter part 4 is controlled based on the deviation signal between the current command signal of the command means 7 and the detection signal of a current detector 6 by current control parts 29 and 30. At this time, the ripple component of the current control parts 29 and 30 is extracted while nearly no deceleration torque is generated at the induction motor 5 and the rotary state of the induction motor 5 in free-run state is obtained by a rotary state detection part 32.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-250496

(43) 公開日 平成7年(1995)9月26日

(51) Int. CL <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	P I	技術表示箇所
H02P 7/63	302 H	J		

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平6-38700

(22) 出願日 平成6年(1994)3月9日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 今中 晶

名古屋市東区矢田南五丁目1番14号 三菱

電機株式会社名古屋製作所内

(72) 発明者 長野 鉄明

名古屋市東区矢田南五丁目1番14号 三菱

電機株式会社名古屋製作所内

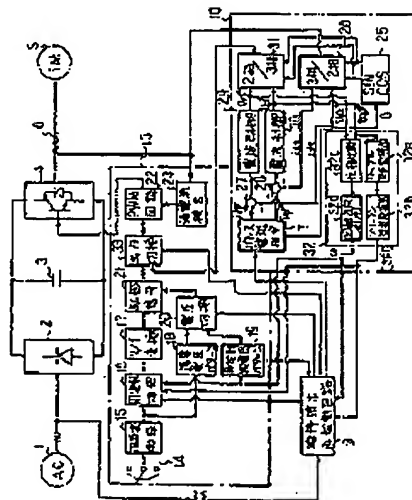
(74) 代理人 弁理士 高田 守

(54) 【発明の名称】 誘導電動機の制御装置

(57) 【要約】

【目的】 フリーラン中の誘導電動機の回転状態を誘起電圧検出用のトランスなしで、かつ誘導電動機にほとんど制動トルク発生させずに検出できる誘導電動機の制御装置を得る。

【構成】 誘導電動機へ電力を出力するインバータ部と、前記インバータ部の出力電流を検出する電流検出部と、前記誘導電動機がフリーラン状態になってから一定時間後に予め設定された値以下となるように電流指令信号を出力する電流指令部と、前記電流指令部から出力された電流指令信号と前記電流検出部からの検出信号との偏差に基づいて前記インバータ部の出力電流を制御する電流制御部と、前記電流制御部に発生するリップル成分を抽出し、フリーラン状態にある前記誘導電動機の回転状態を求める回転状態検出手段を備えた。



1: 交流電源  
2: 整流回路  
3: 平滑コンデンサ  
4: インバータ  
5: 誘導電動機  
6: 電流指令部  
7: 電流検出部  
8: 速度検出部  
9: 電流指令信号  
10: 電流検出信号  
11: 速度検出信号  
12: 速度指令信号  
13: 電流検出信号  
14: 速度検出信号

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 誘導電動機へ電力を出力するインバータ部と前記インバータ部の出力電流を検出する電流検出部と、前記誘導電動機がフリーラン状態になってから一定時間後に予め設定された値以下になるように電流指令信号を出力する電流指令部と、前記電流指令部から出力された電流指令信号と前記電流検出部からの検出信号との偏差に基づいて前記インバータ部の出力電流を制御する電流制御部と、前記電流制御部に発生するリップル成分を抽出し、フリーラン状態にある前記誘導電動機の回転状態を求める回転状態検出部を備えたことを特徴とする誘導電動機の制御装置。

【請求項2】 前記回転状態検出部は、フリーラン状態にある前記誘導電動機の少なくとも回転周波数または回転方向のいずれかを求めるように構成したことを特徴とする請求項1記載の誘導電動機の制御装置。

【請求項3】 前記電流指令部から出力される電流指令信号は、前記誘導電動機の二次時定数よりも短い時間で零となるようにしたことを特徴とする請求項1記載の誘導電動機の制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、誘導電動機の瞬時再始動、フリーラン再投入、または商用切替時等に好適な誘導電動機の制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】3相誘導電動機（以下誘導電動機と記す）の速度制御装置として、出力電圧 $V$ と出力周波数 $f$ の比を一定に制御する、いわゆる $V/f$ 一定制御方式のインバータ装置が広く用いられている。このようなインバータ装置において、瞬時停電が発生してインバータ装置が停止した後、復電により再始動する場合、またはインバータ装置が停止時に誘導電動機が外力によりフリーに回転している状態から始動する場合には、フリーラン状態にある誘導電動機の回転周波数 $F$ とインバータ装置の出力周波数 $f$ とをほぼ一致させて再加速させる必要がある。その理由は、誘導電動機がある回転周波数 $F$ でフリーラン状態にあったとき、インバータ装置の周波数 $f$ および電圧 $V$ を通常の運転と同様に $V/f$ 比を一定に零付近から漸次上昇させた場合には、上記インバータ装置の出力周波数 $f$ が誘導電動機の回転周波数 $F$ に下から接近すると回生制動による大きな制動トルクが、同期速度を通過後には逆に加速トルクが上記誘導電動機に発生する。これは誘導電動機の負荷にたいして大きなトルクショックを与えることになり、例えば負荷がプロアであればプロアの駆動軸に大きな衝撃を与え、その寿命を短くする。また、フリーラン状態にある誘導電動機の回転周波数 $F$ とインバータ装置の出力周波数 $f$ との偏差が大きい場合には、インバータ装置に過大な電流が流れ、インバータ装置に保護装置として通常装備されている過電流

(2)

特開平7-250496

2

検出手段によりその出力が遮断されてしまう。それゆえ、 $V/f$ 一定制御方式のインバータ装置ではその始動時において、上記出力周波数 $f$ と誘導電動機のフリーラン状態の回転周波数 $F$ とを一致させるために上記周波数 $F$ を知る必要があり、従来より、タコジェネレータ等の速度検出器を備えるとか、誘導電動機の残留電圧を検出し、その周波数成分から算出する等により上記フリーラン状態の回転周波数 $F$ を求めるといった方式を用いていた。このため、タコジェネレータ等の速度検出器を装着した専用の誘導電動機を必要としたり、上記誘導電動機の残留電圧検出のために、電圧検出用トランスのごとき専用の電圧検出器を必要とするので、インバータ装置が大型化するとともに、上記誘導電動機の残留電圧が小さい場合にはそのフリーラン状態における周波数、位相等の検出が困難であるなどの問題点があった。

【0003】そこで、既に発明者は、この欠点を解決したフリーラン状態検出方法として、特開平3-3694号公報で公表したように誘導電動機のフリーラン状態検出方法を提案している。この方法は、誘導電動機へ電力を出力するインバータ部と、前記インバータ部の出力電流を検出する電流検出部と、電流指令信号を出力する電流指令部と、前記電流指令部から出力された電流指令信号と前記電流検出部からの検出信号との偏差信号に基づいて前記インバータ部の出力電流を制御する制御信号系とを備え、前記誘導電動機がフリーラン状態にある場合において、前記電流指令部から電流指令信号としてはば一定の直流電流指令を出力しこのとき前記制御信号系に発生するリップル成分を抽出し、フリーラン状態にある前記誘導電動機の回転状態を求めるものである。

【0004】図4および図5は、その従来例を示すブロック図である。図4において、1は3相交流を出力する商用電源、2は入力された3相交流を直流に変換して出力する整流回路、3はコンデンサである。4はトランジスタなどの自己消弧型素子とこの素子に並列に接続された掃退ダイオードからなり、直流を任意の周波数の3相交流に変換して出力するインバータ部であり、そのU、V、W相からなる交流出力端に誘導電動機5が接続されている。誘導電動機5が完全に停止した状態において、この誘導電動機5を始動させる場合には、まず速度指令器14により誘導電動機5の回転速度が設定され、電圧1が投入される。周波数切換手段16および電圧切換手段20は瞬時検出再始動回路9からの信号により、それぞれ、加減速制限手段15および通常電圧パターン出力手段18側に切換設定されており、前記速度指令器14からの速度指令値の入力により加減速制御手段15は零から徐々に所定の時間を要して速度指令値まで上昇させた電圧信号を出力し、この信号は周波数切換手段16を介して $V/f$ 変換手段17に入力され、ここで前記速度指令値に応じた周波数 $f$ に変換され制御信号出力手段21へ入力される。一方加減速制限手段15の出力信

力された電流指令信号と前記電流検出部からの検出信号との偏差に基づいて前記インバータ部の出力電流を制御する電流制御部と、前記電流制御部に発生するリップル成分を抽出し、フリーラン状態にある前記誘導電動機の回転状態を求める回転状態検出部を備えたものである。また、前記回転状態検出部は、フリーラン状態にある前記誘導電動機の少なくとも回転周波数または回転方向のいずれかを求めるようにしたものである。また、前記電流指令部から出力される電流指令信号は、前記誘導電動機の二次時定数よりも短い時間で零となる信号を出力する

【0013】

【作用】この発明によれば、誘導電動機がフリーラン状態にある場合において、電流指令部から一定時間後に予め設定された値以下となるような電流指令信号が出力されると、電流制御部により、電流指令部の電流指令信号と電流検出部の検出信号との偏差信号に基づいてインバータ部の出力電流が制御され、このとき誘導電動機にはほとんど減速トルクを発生しない状態にて前記電流制御部のリップル成分が抽出され、フリーラン状態にある誘導電動機の回転状態が回転状態検出部により求められる。この場合、電流指令部からは誘導電動機の二次時定数よりも短い時間で零となる信号を出力する。また、回転状

\* 態検出部では、誘導電動機の回転周波数や回転方向から回転状態を求める。

【0014】

【実施例】以下、この発明の実施例を図面とともに説明する。

【0015】まず、この発明の一実施例の全体の構成を図1に示す。図1を参照すると、本発明の一実施例による誘導電動機の制御装置は、電流位相指令手段24がパルス電流指令手段7であることを除いて図4に示されたものと同様の構成を有する。図中、図4に示した従来例と同一符号は従来例のそれと同一、または相当するものを示す。図2は、パルス電流指令手段7の詳細を示す図で、d軸パルス電流成分指令発生手段71、q軸電流成分指令発生手段72、位相角発生手段73から構成されている。

【0016】ここで、実施例の動作の説明に移る前に、フリーラン状態の誘導電動機に対して電流制御を行った場合に制御系に生じる振動について説明しておく。

【0017】d-q座標軸における誘導電動機5の状態方程式は(2)式で説明される。

【0018】

【数2】

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} \dot{i}_{ds} \\ \dot{i}_{qs} \\ \dot{i}_{dr} \\ \dot{i}_{qr} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -\frac{R_s}{\sigma L_s} & p\omega_r \frac{M^2}{\sigma L_s L_r} & \frac{R_r M}{\sigma L_s L_r} & p\omega_r \frac{M}{\sigma L_s} \\ -p\omega_r \frac{M^2}{\sigma L_s L_r} & -\frac{R_s}{\sigma L_s} & -p\omega_r \frac{M}{\sigma L_s} & \frac{R_r M}{\sigma L_s L_r} \\ \frac{R_s M}{\sigma L_s L_r} & -p\omega_r \frac{M}{\sigma L_r} & -\frac{R_r}{\sigma L_r} & -\frac{p\omega_r}{\sigma} \\ p\omega_r \frac{M}{\sigma L_r} & \frac{R_s M}{\sigma L_s L_r} & \frac{p\omega_r}{\sigma} & -\frac{R_r}{\sigma L_r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ds} \\ i_{qs} \\ i_{dr} \\ i_{qr} \end{bmatrix} \\
 &+ \begin{bmatrix} \frac{1}{\sigma L_s} & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sigma L_s} \\ -\frac{M}{\sigma L_s L_r} & 0 \\ 0 & -\frac{M}{\sigma L_s L_r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{ds} \\ v_{qs} \end{bmatrix} \quad \dots\dots (2)
 \end{aligned}$$

【0019】(2)式において、

$v_{ds}$  : 誘導電動機のd軸一次電圧

$v_{qs}$  : 誘導電動機のq軸一次電圧

$i_{ds}$  : 誘導電動機のd軸一次電流

$i_{qs}$  : 誘導電動機のq軸一次電流

$i_{dr}$  : 誘導電動機のd軸二次電流

$i_{qr}$  : 誘導電動機のq軸二次電流

$p\omega_r$  : 誘導電動機の回転角周波数(電気角)

$R_s$  : 一相当りの一次抵抗

$R_r$  : 一相当りの二次抵抗

$M$  : 相互インダクタンス

$L_s$  : 一次自己インダクタンス

$L_r$  : 二次自己インダクタンス

$\sigma$  : 漏れ係数 ( $\sigma = 1 - M^2 / L_s L_r$ )

$P$  : 微分演算子

である。ここで、d軸およびq軸電流制御手段29、30はPI(比例積分)制御するものであるから、その比例ゲインを $K_p$ 、積分時間を $T$ とし、d軸およびq軸電流制御手段29、30の積分出力を

$$v_i = [v_{di} \quad v_{qi}]^T$$

とおけば、(2)式で表される誘導電動機5を電流制御したときの閉ループ系の状態方程式(3)式で示される。

【0020】

【数3】

(5)

特開平7-250496

$$\begin{aligned}
 \begin{matrix} 7 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{matrix} & \begin{matrix} i_{ds} \\ i_{qs} \\ i_{dr} \\ i_{qr} \\ v_{dl} \\ v_{ql} \end{matrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_s}{\sigma L_s} - \frac{K_p}{\sigma L_s} & \frac{p\omega_r M^2}{\sigma L_s L_r} & \frac{R_r M}{\sigma L_s L_r} & \frac{p\omega_r M}{\sigma L_s} & \frac{1}{\sigma L_s} & 0 \\ -\frac{p\omega_r M^2}{\sigma L_s L_r} & -\frac{R_s}{\sigma L_s} - \frac{K_p}{\sigma L_s} & -\frac{p\omega_r M}{\sigma L_s} & \frac{R_r M}{\sigma L_s L_r} & 0 & \frac{1}{\sigma L_s} \\ \frac{R_r M}{\sigma L_s L_r} + \frac{K_{pM}}{\sigma L_s L_r} & -\frac{p\omega_r M}{\sigma L_r} & -\frac{R_r}{\sigma L_r} - \frac{p\omega_r}{\sigma} & -\frac{M}{\sigma L_s L_r} & 0 & 0 \\ \frac{p\omega_r M}{\sigma L_r} & \frac{R_r M}{\sigma L_s L_r} + \frac{K_{pM}}{\sigma L_s L_r} & \frac{p\omega_r}{\sigma} & -\frac{R_r}{\sigma L_r} & 0 & -\frac{M}{\sigma L_s L_r} \\ -\frac{K_p}{T} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{K_p}{T} & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} i_{ds} \\ i_{qs} \\ i_{dr} \\ i_{qr} \\ v_{dl} \\ v_{ql} \end{matrix} \\
 + & \begin{bmatrix} \frac{K_p}{\sigma L_s} & 0 \\ 0 & \frac{K_p}{\sigma L_s} \\ -\frac{K_{pM}}{\sigma L_s L_r} & 0 \\ 0 & -\frac{K_{pM}}{\sigma L_s L_r} \\ \frac{K_p}{T} & 0 \\ 0 & \frac{K_p}{T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ds}^* \\ i_{qs}^* \end{bmatrix} \quad \dots (3)
 \end{aligned}$$

【0021】(3)式の固有値、すなわち閉ループの極は6個存在するが、そのうちの誘導電動機5のフリーラン周波数Fに近い固有周波数をもつ極が代表特性根としてほぼ虚軸上に存在し、これが制御信号系の振動を発生し、例えばd軸およびq軸電圧指令 $v_{ds}^*$ 、 $v_{qs}^*$ にリップルを重畳させる。従って、このリップルの周波数fnを求めることにより、誘導電動機5のフリーラン周波数Fを検出することができる。

【0022】また、誘導電動機5が正回転の場合には $v_{ds}^*$ のリップル成分が $v_{ds}$ のリップル成分に対して90°の位相進みとなり、逆回転の場合には、 $v_{ds}^*$ のリップル成分が $v_{ds}$ のリップル成分に対して90°の位相遅れとなる。従って、この位相差を検出することにより誘導電動機5の回転方向を判別できる。

【0023】次に、動作について説明する。フリーラン状態検出部10において、電流指令部としてのパルス電流指令発生手段7は瞬停検出再始動回路9からの指令信号入力により、電流指令信号として一定期間後に零となるような信号を出力する。すなわち、2相電流指令 $i_{ds}^*$ 、 $i_{qs}^*$ およびその位相角 $\theta$ について、

【0024】

【数4】

$t \leq T_1$  の時

$$i_{ds}^* = I_{ds} \text{ (一定)}$$

$$i_{qs}^* = 0$$

$$\text{位相角 } \theta = 0$$

$t > T_1$  の時

$$i_{ds}^* = 0$$

$$i_{qs}^* = 0$$

$$\text{位相角 } \theta = 0$$

..... (4)

【0025】を出力する。上記電流指令はそれぞれd軸電流比較手段27とq軸電流比較手段28にて3相/2相比較手段26が出力する2相電流 $i_{ds}$ 、 $i_{qs}$ とそれぞれ比較され、出力された偏差信号 $(i_{ds}^* - i_{ds})$ がd軸電流制御手段29に入力されてPI(比例・積分)制御されて2相電圧指令のd軸成分 $v_{ds}^*$ として、また偏差信号 $(i_{qs}^* - i_{qs})$ がq軸電流制御手段30に入力され、PI制御されて2相電圧指令のq軸成分 $v_{qs}^*$ として出力される。このとき、上記2相電圧指令 $v_{ds}^*$ 、 $v_{qs}^*$ の平均値 $v_{ds}^*$ 、 $v_{qs}^*$ および2相電流 $i_{ds}$ 、 $i_{qs}$ の平均値 $i_{ds}$ 、 $i_{qs}$ は誘導電動機5の1相当りの一次抵抗の値を $R_s$ とすると、(5)式となるように制御される。

【0026】

【数5】

9

 $t \leq T_1$  の時

$$\overline{v_{ds}^*} = R_{s1} i_{ds}$$

$$\overline{v_{qs}^*} = 0$$

$$\overline{i_{ds}} = i_{ds}$$

$$\overline{i_{qs}} = 0$$

 $t > T_1$  の時

$$\overline{v_{ds}^*} = 0$$

$$\overline{v_{qs}^*} = 0$$

$$\overline{i_{ds}} = 0$$

$$\overline{i_{qs}} = 0$$

..... (5)

【0027】それゆえ、時間  $t > T_1$  においては、電圧、電流ともにその平均値は零となって誘導電動機5には制動トルクが発生しない。

【0028】図3は正回転方向にフリーランしている誘導電動機5に対して本実施例を適用した場合の動作波形例である。2相電圧指令  $v_{ds}^*$ 、 $v_{qs}^*$  に重畳するリップル周波数  $f_n$  は(3)式で示された状態方程式の代表特性根の固有周波数であるから  $v_{ds}^*$ 、 $v_{qs}^*$  の両者共同一周波数であり、いずれから検出してもよい。図1に示した実施例においては、回転状態検出部32におけるリップル周波数検出回路32aに対して、上記  $v_{qs}^*$  を入力し、図3に示すようにその零クロス点間の時間をリップルの半周期として求め、リップル周波数  $f_n$  を逆算する。次にフリーラン周波数演算回路32bにて、上記  $f_n$  に予め入力されている比例定数  $\gamma$  を乗算して、誘導電動機5のフリーラン周波数  $F$  を求める。

【0029】さらに、2相電圧指令  $v_{ds}^*$ 、 $v_{qs}^*$  に重畳するリップルの位相差は、誘導電動機5が正回転の場合には  $v_{ds}^*$  のリップル成分が  $v_{qs}^*$  のリップル成分に対して  $90^\circ$  の位相進みとなり、逆回転の場合には  $v_{ds}^*$  のリップル成分が  $v_{qs}^*$  のリップル成分に対して  $90^\circ$  の位相遅れとなるので、位相比較回路32cに上記  $v_{ds}^*$  および  $v_{qs}^*$  を入力してその位相差を求め、さらに回転方向判別回路32dにて位相差から回転方向を判別する。

【0030】ここで、誘導電動機5の磁束はその二次時定数で立ち上がり、それによって制動トルクを発生する。従って、電流指令信号は少なくとも誘導電動機5の二次時定数よりも短い時間で零にすればよい。尚、本実施例ではフリーラン状態検出部10から回転状態検出部32を除いた部分を電流制御部とした。

【0031】上記実施例では、誘導電動機5のフリーラン周波数  $F$  および回転方向を検出する場合において、2相座標軸上で構成される制御信号系を備えたが、3相座標のまま電流制御を行っても同様の効果が得られる。また、上記実施例では電流制御としてPI制御の零を示したが、PID(比例、積分、微分)制御等、制御信号系に対してフリーラン周波数にほぼ等しいリップルが重畳するような制御方式であれば同様の効果が得られる。

(5)

特開平7-250496

10

【0032】また、上記実施例では、一定時間後に予め設定された値以下となるように電流指令信号を出力する電流指令部として、パルス電流指令手段7を備えたが、例えばランプ状に電流指令が減少するような指令手段であっても同様の効果が得られる。さらに、一定時間後の電流指令部からの出力は零でなくても制御トルクがほとんど生じないような小さい値であれば同様の効果が得られる。

【0033】

10 【発明の効果】以上のように、この発明では、誘導電動機へ電力を出力するインバータ部と前記インバータ部の出力電流を検出する電流検出部と、前記誘導電動機がフリーラン状態になってから、一定時間後に予め設定された値以下となるように電流指令信号を出力する電流指令部と、前記電流指令部から出力された電流指令信号と前記電流検出部からの検出信号との偏差に基づいて前記インバータ部の出力電流を制御する電流制御部と、前記電流制御部に発生するリップル成分を抽出し、フリーラン状態にある前記誘導電動機の回転状態を求める回転状態検出部を備えたので、フリーラン中の誘導電動機の回転状態を誘起電圧検出用のトランスなしで、かつ誘導電動機にほとんど制動トルクを発生させずに回転周波数や回転方向により検出できるという効果を奏する。

【0034】また、電流指令信号を二次時定数よりも短い時間で零としたので、制動トルクを殆ど発生しないようにすることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例の全体を示すブロック図である。

30 【図2】この発明の一実施例のパルス電流指令手段のブロック図である。

【図3】この発明の一実施例の動作を示す図である。

【図4】従来の誘導電動機の制御装置のブロック図である。

【図5】従来の誘導電動機の制御装置の電流位相指令手段のブロック図である。

【符号の説明】

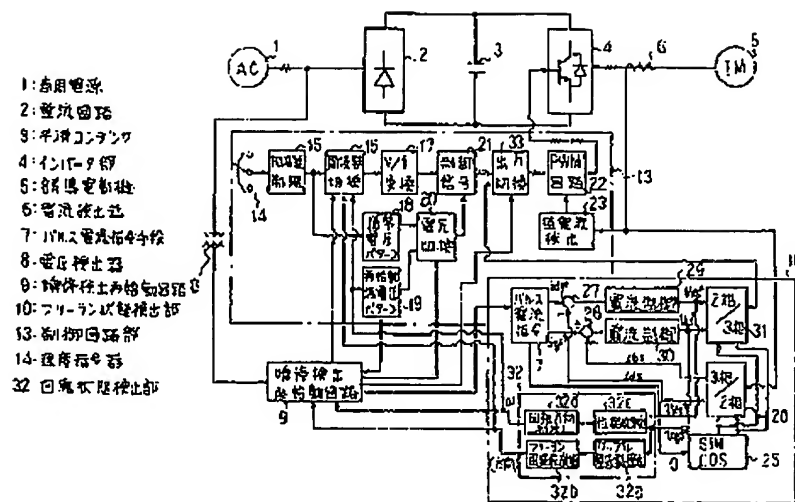
- 1 商用電源
- 2 整流回路
- 3 コンデンサ
- 4 インバータ部
- 5 誘導電動機
- 6 電流検出器(電流検出部)
- 7 パルス電流指令手段(電流指令部)
- 8 電圧検出器
- 9 瞬停検出再始動回路
- 10 フリーラン状態検出部
- 13 制御回路部
- 32 回転状態検出部

50

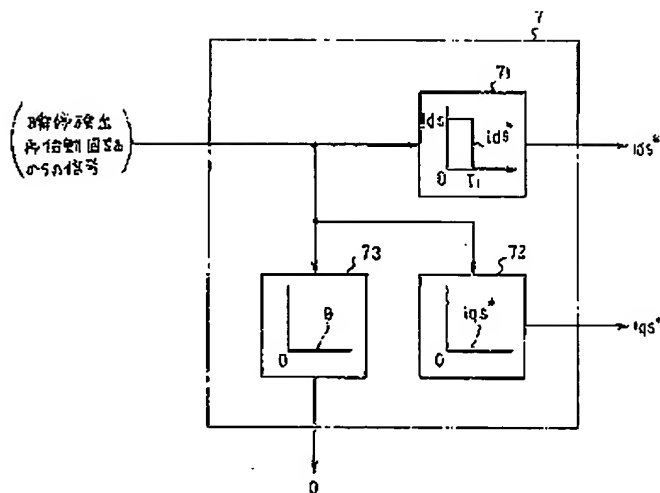
(7)

特開平7-250496

【図1】



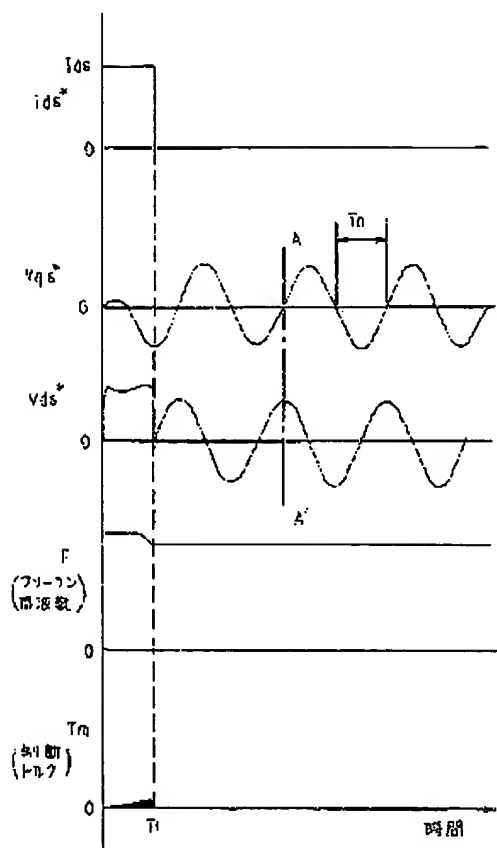
【図2】



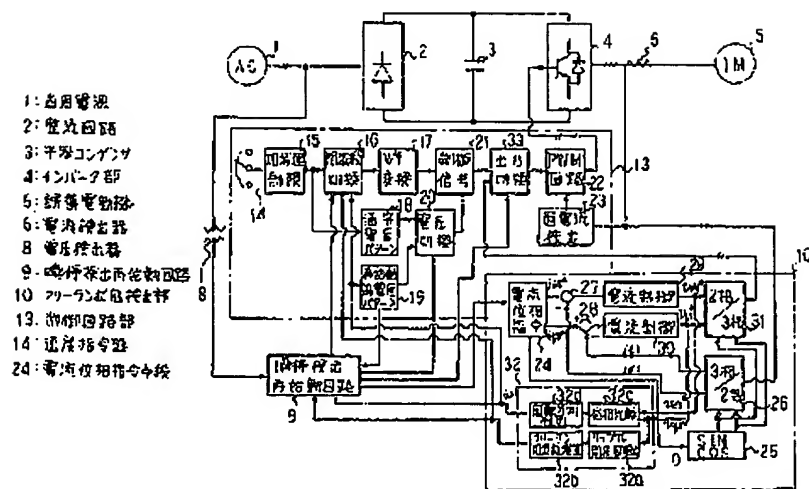
(8)

特開平7-250496

【図3】

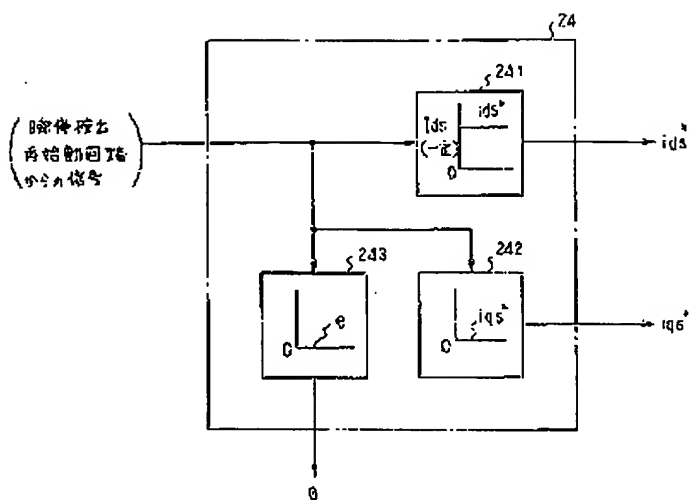


【図4】





【图5】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKewed/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**BEST AVAILABLE COPY**